

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК ПРОНИКАЮЩИХ ЯДЕРНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОГО РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Чернявский И. Ю.,
Национальный университет гражданской защиты Украины,
г. Харьков*

Анализ техногенных аварий на ядерных объектах показывает, что распространение радиоактивного загрязнения окружающей среды также требует оперативной оценки как уровня загрязнения, так и распределения источников ядерных излучений на местности. Задача поиска и локализации точечных высокоактивных источников излучения большой активности является одной из важных задач при ликвидации последствий радиационных аварий. Это могут быть фрагменты конструктивных элементов ядерных реакторов, хранилищ радиоактивных отходов, отработанных тепловыделяющих элементов и другие мало-размерные радиоактивные объекты.

В Чернобыле поиск источников излучения проводился в непосредственной близости от аварийного реактора и преследовал цель их локализации, контейнеризации и удаления для существенного улучшения радиационной обстановки в зонах работы ликвидаторов аварии. Как правило, такой поиск велся с помощью носимого прибора ДП-5А, и методика заключалась в последовательном приближении к источнику и его местоопределению. Недостатком такого подхода является возможность получения оператором значительных дозовых нагрузок. Вместе с тем, определение положения источника излучения при обеспечении минимального облучения оператора прибора является вполне достижимым техническим результатом. В работе [1] предложен способ поиска точечного источника излучения измерителем мощности дозы, и определяются его координаты без непосредственного приближения к источнику, что позволяет существенно снизить дозовые нагрузки на лиц, проводящих разведку.

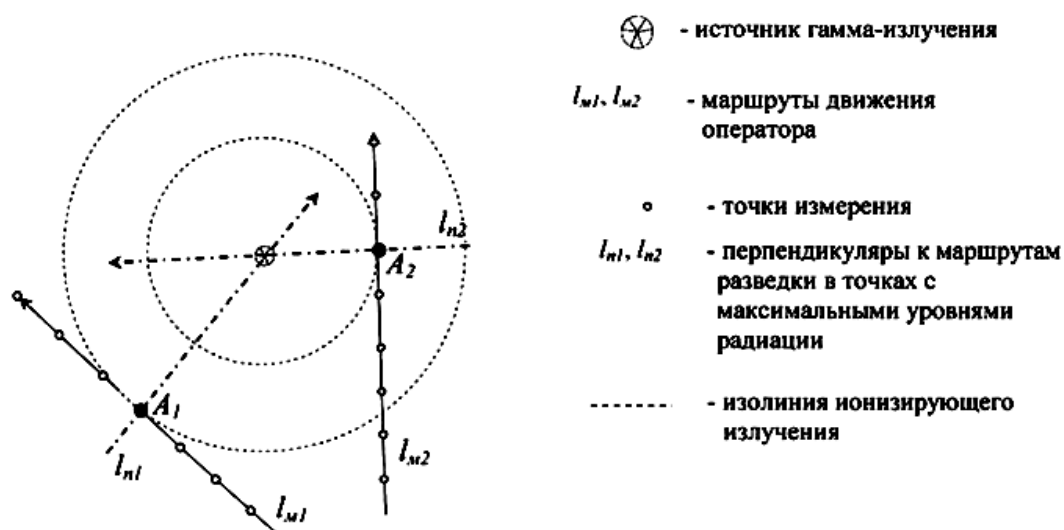


Рис. 1. Принципиальная схема определения положения источника излучения с использованием измерителя мощности дозы

Способ может быть положен не только в основу методик поиска источников излучения с использованием носимых измерителей мощности дозы, но также может быть использован при разработке алгоритма обработки данных в перспективных приборах радиационной разведки в комплексах, где строятся карты дозовых полей.

Современные средства электроники и электротехники позволяют сейчас создать системы технического зрения, которые дают возможность «видеть» источник в поле прямого гамма-излучения. Такой аппаратурой целесообразно оснащать специальные отряды ликвидации последствий.

Для решения задачи поиска и обнаружения источников гамма-излучения на вооружении специальных отрядов ликвидации последствий радиационных аварий находится радиационно-поисковая машина с аппаратурой наземного гамма-поиска. Проведённый анализ показал, что аппаратура эффективна для дистанционного поиска отдельных радиоактивных обломков, разбросанных на большой территории (рис. 2).

Наипростейшей ситуацией является поиск одиночного точечного источника. В этом случае направление на него будет определено однозначно с расстояния (R), которое определяется минимальной границей чувствительности прибора [2].

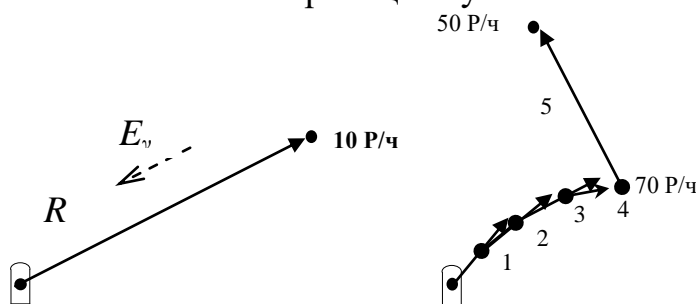


Рис. 2. Способ поиска в пространстве точечных источников гамма-излучения

В случае наличия в поле зрения детекторного устройства нескольких источников излучений (ИИ), что характерно для аварий на АЭС, на выходах детекторов потоки импульсных сигналов будут определяться суммарным воздействием гамма-излучения от всех источников, попавших в поле их зрения. Поэтому обработка позиционной информации о выборе направления осуществляется только на один точечный ИИ, создающий в точке регистрации максимальную мощность дозы. Излучения от других источников принимаются как фоновые. В этом способе практически невозможно определение правильного направления на ИИ при нахождении на местности нескольких ИИ высокой активности, а также отсутствует возможность точного определения местоположения ИИ (источник может быть обнаружен только визуально или с помощью привлечения дозиметриста, который является одним из членов экипажа).

Анализ показал, что существует два основных типа устройств, пригодных для решения задачи ускоренного обследования участков местности, загрязнен-

ных γ -излучающими радионуклидами, и поиска локальных источников: системы детекторов с анизотропной чувствительностью и детекторы телескопического типа.

К достоинствам аппаратуры телескопического типа следует отнести высокую точность определения направления при малом числе зарегистрированных частиц, возможность построения углового распределения потоков γ -излучения от многих источников, к недостаткам - низкую эффективность регистрации, ограниченную апертуру угла обзора, значительный вес и размеры аппаратуры, необходимость проведения большого числа замеров при исследовании углового распределения потоков излучения, необходимость вращения детектора для определения углового распределения. Значительное время измерения исключает определение направления на импульсные источники излучения, а наличие подвижных частей существенно влияет на надёжность устройства.

Достоинствами систем детекторов с анизотропной чувствительностью является высокая эффективность регистрации γ -излучения, всенаправленность детектора, возможность определения углового распределения потока излучения по результатам одного измерения, сравнительно небольшие размеры и масса. С помощью устройства этого типа невозможно определить направление прилета отдельных частиц, а для вычисления градиента плотности потока излучения необходимо набрать достаточную статистику. В работе [3] показано, что такой метод определения направления на источник излучения оказывается эффективным и в тех случаях, когда скорость счета от источника сравнима со скоростью счета фона, т.е. в случае близко-фоновое излучения.

Исследования [4] показали, что определение направления на источник целесообразно проводить, используя три детектора и экран. Первый детектор (D_1) помещается в экран с коэффициентом ослабления, независящим от угла в интервале 2π радиан (рис. 3); второй детектор (D_2) помещается в экран с коэффициентом ослабления, зависящим от угла таким образом, чтобы коэффициент ослабления изменялся от минимального значения до максимального в диапазоне углов от 0 до 2π радиан (рис. 4, а).

Интенсивность проникающего излучения, измеряемая первым детектором $j_1 = K_1 j_0$; вторым детектором – $j_2 = K_2 j_0$, где K_1 , K_2 – коэффициенты ослабления первого и второго экранов соответственно, j_0 – интенсивность проникающего излучения при отсутствии экрана.

Из соотношения значений интенсивностей проникающих излучений, измеряемых первым и вторым детектором, определяется коэффициент пропорциональности между коэффициентами ослабления экранов с независимым и зависимым от угла коэффициентом ослабления

$$K_{\Pi} = \frac{j_2}{j_1} = \frac{K_2}{K_1}.$$

Таким образом, за известными коэффициентами пропорциональности K_{Π} и коэффициентом ослабления первого экрана K_1 , найдём коэффициент ослабления второго экрана K_2 , который зависит от направления на источник проникающего излучения, т.е. угол между выбранным направлением и направлением на

источник проникающего излучения α , где $\alpha = f(K_2)$. Коэффициент ослабления K_2 известной толщины поглотителя (рис. 4а), который зависит от угла: $h = b \cdot \frac{\alpha}{360^\circ}$, где b – геометрическая константа; α – угол в диапазоне от 0 до 360°. Толщина поглотителя изменяется от 0 до b , а коэффициент ослабления изменяется пропорционально толщине.

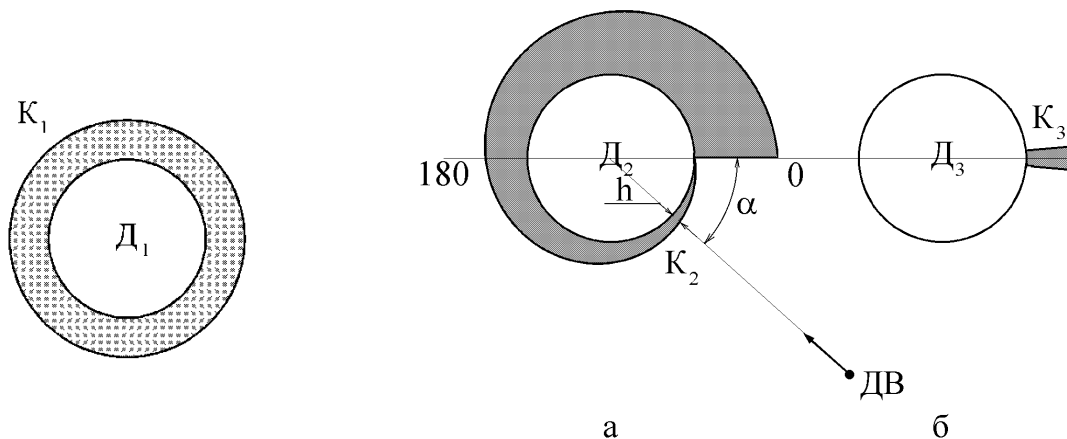


Рис. 3. Детектор с кольцевым поглотителем

Рис. 4. Детекторы:
а) с поглотителем, у которого коэффициент ослабления зависит от угла, б) с сегментным поглотителем, перекрывающий угол приблизительно 0°

Таким образом, рассмотренное устройство может быть использовано как для регистрации направления на источник гамма-излучения (в том числе и на импульсные источники) в диапазоне углов 2π радиан с погрешностью 3 – 6°, так и для определения расстояния до источника за счёт уменьшения (комpton-эффект) в слое воздуха при помощи измерителя спектра энергий гамма-излучения.

Библиографический список

1. Пат. 2481597 Российская Федерация, G01T1/169. Способ определения положения точечного источника гамма-излучения / Васильев А. В., Садовников Р. Н., Быков А. В., Тырышкин С. Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное Бюджетное учреждение «33 Центральный научно-исследовательский испытательный институт» министерства обороны Российской Федерации.
2. Чернявский И. Ю. Увеличение контролируемой площади при ведении радиационной разведки местности / И. Ю. Чернявский // Механіка та машинобудування // Науково-технічний журнал. Харків. НТУ «ХПІ», 2013. – № 1. – С. 217–222.
3. Adams A., Directional characteristics of cylindrical scintillators // Nucl. Instrum. and Meth. 1971. № 95.
4. Григор'єв О. М., Беденко Л. Б., Сакун О. В. Визначення напрямку на джерело проникаючих ядерних випромінювань. Інформаційний бюлетень

військ РХБ захисту № 1 (5) 2007. Науково-інформаційне видання. – Харків: ХІТВ, 2007. — 112 с.

